

---

**ANEJO 7:**  
**HIDROLOGÍA.**

## ÍNDICE DEL ANEJO 7.

### 1. INTRODUCCIÓN.

### 2. DEFINICIONES.

- Cuenca vertiente topográfica.
- Cuenca vertiente real.
- Período de retorno.
- Coeficiente de escorrentía.
- Tiempo de escorrentía,  $T_e$ .
- Tiempo de recorrido,  $T_r$ .
- Tiempo total,  $T$ .
- Tiempo de concentración,  $T_c$ .

### 3. COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA.

3.1. Valores típicos del coeficiente de escorrentía.

3.2. Método de cálculo del coeficiente de escorrentía según la Instrucción de Carreteras S.2.-IC.

3.3. Mapa de cultivos y aprovechamientos.

### 4. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

### 5. CÁLCULO DE CAUDALES DE ESCORRENTÍA.

5.1. Generalidades.

5.2. Procedimiento de cálculo: Método Racional.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Todo proceso de urbanización lleva consigo la interacción de ésta y sus infraestructuras con el medio natural, y en particular con la red natural de escorrentía y drenaje. Por ello es necesario conocer el caudal de lluvia aportado por cada cuenca con el fin de diseñar correctamente su drenaje a dos niveles:

◆ Drenaje de las cuencas naturales interceptadas por las áreas urbanas.

▮ Generan únicamente aguas pluviales.

◆ Drenaje de las cuencas urbanas.

▮ Generan aguas pluviales y aguas residuales urbanas.

En el Anejo 6: Climatología se han calculado las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia que se emplean ahora para el cálculo de las aportaciones de aguas pluviales.

También es necesario conocer las características hidrológicas de todas las cuencas, tanto naturales como urbanas, en especial su coeficiente de escorrentía y el tiempo de concentración, así como el punto donde desagüa de forma natural dicha cuenca.

## 2. DEFINICIONES.

### • Cuenca vertiente topográfica.

Se llama cuenca vertiente topográfica en una sección de un curso de agua (continuo o torrencial) a la extensión de terreno separada de las vecinas por la línea de separación de aguas, que coincide con la e crestas que bordea la cuenca, y cuya característica fundamental es que no atraviesa el curso de agua más que en la sección considerada.

### • Cuenca vertiente real.

Se llama cuenca vertiente real en una sección de un curso de agua a la totalidad de la superficie topográfica drenada por ese curso de agua y sus afluentes, aguas arriba de la sección considerada.

Ambas cuencas vertientes, topográfica y real, pueden ser diferentes, debido por ejemplo:

▮ a la existencia de zonas kársticas o permeables que descansan sobre capas impermeables de distinta topografía a la superficial, y que desagüan fuera de la cuenca topográfica considerada.

▮ a la acción del hombre que recoge el agua de una cuenca y la transporta o otra a través de las redes de alcantarillado.

En lo sucesivo al hablar de cuenca vertiente, se hará referencia a la topográfica, indicándose de modo explícito cuando se hable de cuenca vertiente real.

- **Período de retorno.**

Sea un suceso X con probabilidad p de presentarse al menos una vez en un año. El período de retorno, T, del suceso, X, es la esperanza matemática del tiempo transcurrido entre la presentación de 2 sucesos iguales o mayores que X.

$$T = \sum (t) = 1p + 2p(1-p) + 3p(1-p)^2 + \dots + np(1-p)^{n-1}$$

$$T = \sum np(1-p)^{n-1} = \frac{1}{p}$$

T es el número medio de años que transcurre entre la presentación de 2 sucesos iguales o mayores a X.

- **Coefficiente de escorrentía.**

Se denomina coeficiente de escorrentía al cociente entre el caudal de agua que circula por una sección de una cuenca a consecuencia de un suceso lluvioso (lluvia neta), y el volumen de agua que ha precipitado sobre la misma (lluvia total). Es decir, se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial.

$$C(t) = \frac{\text{escorrentia superficial}}{\text{precipitacioncaida}}$$

- **Tiempo de escorrentía, T<sub>e</sub>.**

También llamado tiempo de entrada, es el tiempo que tarda una gota de agua caída en un punto de la cuenca en alcanzar a entrada al sistema de colectores (escorrentía superficial) o, si estos no existen al medio receptor.

- **Tiempo de recorrido, T<sub>r</sub>.**

Es el tiempo que tarda una gota en recorrer el camino que separa la entrada al sistema de colectores y la sección de cálculo. Si no existe sistema de colectores, el tiempo de recorrido es nulo. En el caso de que la velocidad de circulación por las conducciones fuera constante e igual a V (Régimen laminar y uniforme), siendo la distancia que separa la entrada de la sección de cálculo, se obtiene:

$$T_r = \frac{\text{longitud}}{\text{velocidad}} = \frac{l}{v}$$

- **Tiempo total, T.**

Es el tiempo que tarda una gota caída en un punto de la cuenca en alcanzar la sección de cálculo. Es suma del tiempo de escorrentía y del tiempo de recorrido. Por lo tanto:

$$T = T_e + T_r$$

- **Tiempo de concentración, T<sub>c</sub>.**

Se refiere a una sección de cálculo, y se define como el tiempo que tarda una gota caída en el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca vertiente de una sección en alcanzar la misma. Por lo tanto, se tiene:

$$T_c = \max(T) = \max(T_e + T_r)$$

extendiendo el máximo a todos los puntos de la cuenca que vierten en la sección de cálculo.

### 3. COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA.

Del agua de lluvia que cae sobre la superficie de un terreno, una parte se evapora, otra discurre por la superficie (escorrentía) y otra penetra en el terreno (infiltración).

Se define como coeficiente de escorrentía,  $C$ , de una superficie,  $S$ , al cociente del caudal que discurre por dicha superficie,  $Q_E$ , en relación con el caudal total precipitado,  $Q_T$ .

$$C = \frac{Q_E}{Q_T}$$

El coeficiente de escorrentía varía a lo largo del tiempo y es función de las características del terreno (naturaleza, vegetación, permeabilidad, inclinación, humedad inicial del suelo, ...) y de la zona (temperatura, intensidad y duración de la precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, horas de soleamiento, dimensiones de la cuenca vertiente, ...).

Los factores indicados se influyen mutuamente, siendo complicado el análisis aislado de cada uno de ellos. No obstante, y teniendo en cuenta que el objetivo perseguido es el dimensionamiento hidráulico de los colectores de saneamiento y sistemas de regulación, se analiza su influencia únicamente desde este aspecto.

Así, en una precipitación la evaporación y la infiltración de agua irán disminuyendo conforme vaya aumentando la humedad relativa y el estado de inbibición del terreno, aumentando consecuentemente el coeficiente de escorrentía desde valores iniciales iguales o próximos a cero hasta valores finales iguales o cercanos a la unidad.

Si se tiene en cuenta la importancia de las Intensidades medias Máximas a utilizar para los cálculos hidráulicos, se puede considerar despreciable la influencia de la evaporación y de la humedad inicial del suelo, que en algunos métodos se tiene en cuenta a través del concepto de umbral de escorrentía, que se comenta más adelante.

El coeficiente de escorrentía crece con la Intensidad y con la duración de la precipitación. Para un período de retorno dado, el aumento de la duración de la precipitación implica una disminución de la Intensidad Media Máxima, por lo que es bastante complicado el estudio de la influencia de los factores intensidad y duración de la precipitación sobre el valor del coeficiente de escorrentía.

La naturaleza del suelo tiene una gran importancia en el coeficiente de escorrentía. Por ello es fundamental que su tipología se analice a la vista del planeamiento urbanístico vigente. En efecto; unos terrenos sin urbanizar, actualmente, pueden aconsejar que se adopte un coeficiente de escorrentía bajo, lo que conducirá a la obtención de un pequeño caudal de pluviales a evacuar; si estos terrenos están sujetos a un planeamiento que posibilita su urbanización, se producirá un notable incremento en el futuro del caudal de pluviales a evacuar, con la consiguiente insuficiencia de la red de saneamiento inicialmente prevista.

A falta de datos más precisos, se considera constante, durante el tiempo de duración de la precipitación, el coeficiente instantáneo de escorrentía, que se convierte de este modo en coeficiente medio de escorrentía. Éste se obtendrá mediante el método de la Instrucción de Carreteras, y adoptará alguno de los valores típicos tabulados en el apartado 5.1. Valores típicos del presente Anejo.

A mayor pendiente, mayor coeficiente de escorrentía.

Para períodos de retorno elevados, el valor obtenido del coeficiente de escorrentía se suele incrementar en un 10% o en un 20% según e trate,

respectivamente, de períodos de retorno iguales a 25 ó 50 años. Este incremento nunca provocará que el coeficiente de escorrentía supere el valor de la unidad.

Se puede considerar el área total o dividir la misma en diferentes subcuencas con diferentes características. En cualquier caso, cuando se trata de una zona uniforme (sea el área total o la de una subcuenca) será necesario determinar un valor del coeficiente de escorrentía medio para la misma. Dado que puede estar formado por terreno de diferente tipo, diferentes densidades de edificación, etc., se calcula el coeficiente de escorrentía medio realizando una media ponderada de los diferentes coeficientes de escorrentía de cada una de las subzonas en las que se puede dividir el área considerada. De esta forma se llega a la expresión del coeficiente de escorrentía medio  $C$  para una zona formada por diferentes subáreas  $A_i$  con diferentes coeficientes de escorrentía  $C_i$ :

$$C = \frac{\sum A_i C_i}{\sum A_i}$$

### 3.1. Valores típicos del coeficiente de escorrentía.

Se han recogido valores típicos del coeficiente de escorrentía de diferentes fuentes, entre otras las siguientes:

- Servicio de Infraestructura Hidráulica.  
Ayuntamiento de Zaragoza.
- Instrucción de Carreteras 5.2.-IC. Drenaje Superficial.  
Dirección General de Carreteras. 1990.
- Manual de Depuración Uralita.  
Aurelio Hernández Muñoz. et al. 1995.
- American Society of Civil Engineers.
- Especificaciones Técnicas Básicas para Proyectos de Conducciones Generales de Saneamiento.  
Confederación Hidrográfica del Norte. 1995.
- Otras.

En los Cuadros A.7.4. y A.7.5. se indican los valores más típicos del coeficiente de escorrentía para distintos tipos de área y para diferentes tipos de superficies.

<b>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.</b>							
<b>TIPO DE ÁREA</b>	S.I.H.	INSTRUCCIÓN	URALITA	A.S.C.E.	C.H.N.	OTROS	
	<b>LLUVIAS DE ...</b>	<b>CORTA DURACIÓN</b>					<b>LARGA DURACIÓN</b>
	Población densa					0,75 a 0,95	
	Casco urbano con edificación muy densa			0,70 a 0,90			
	Barrio antiguo con edificación densa			0,65 a 0,90			
	Barrio moderno con muchos edificios			0,50 a 0,70			
	Zona residencial densa					0,60 a 0,75	
	Manzana cerrada	0,60 a 0,70	0,57 a 0,69			0,80	
	Zona residencial de edificios aislados						
	Zona residencial media					0,40 a 0,60	
	Bloque aislado	0,40 a 0,50	0,43 a 0,52			0,40 a 0,60	
	Zona residencial unifamiliar en extraradio			0,25 a 0,50		0,30 a 0,50	
	Unifamiliar en hilera	0,30 a 0,40	0,31 a 0,41			0,40	
	Unifamiliar aislada	0,20 a 0,30	0,24 a 0,33			0,40	
	Alrededores de zonas residenciales					0,25 a 0,40	
<b>RESIDENCIAL</b>	Barrios periféricos					0,50 a 0,70	
	Zona suburbana poco poblada			0,10 a 0,30			
	Zona rural			0,05 a 0,25	0,50	0,10 a 0,25	
	Viviendas/Ha						
	0 a 5					0,10 a 0,25	0,50 a 0,60
	5 a 10					0,25 a 0,35	0,60 a 0,80
	10 a 25					0,30 a 0,50	0,80 a 0,90
	25 a 50					0,40 a 0,70	1,00
	50 a 100					0,65 a 0,80	1,00
	100 a 150					0,75 a 1,00	1,00
	> 150					0,70 a 1,00	1,00
<b>COMERCIAL</b>	Centrica				0,70 a 0,95	0,70 a 0,95	1,00
	Periférica				0,50 a 0,70	0,50 a 0,85	1,00
	Intensiva	0,60 a 0,70				0,70	0,60 a 0,90
	Extensiva	0,45 a 0,55				0,70	0,50 a 0,80
<b>INDUSTRIAL</b>	Ligera				0,50 a 0,80	0,70	0,50 a 0,80
	Pesada				0,60 a 0,90	0,70	0,60 a 0,90
	En ciudad			0,60 a 0,85		0,80	
	De edificios aislados			0,25 a 0,60			
	Deportiva				0,20 a 0,35		0,20 a 0,35
<b>OTRAS</b>	Parques y jardines				0,20 a 0,35		0,05 a 0,25
	Cementerios				0,20 a 0,35		0,10 a 0,25
	Estaciones de ferrocarril						0,20 a 0,40

Cuadro A.7.4. : Coeficientes de escorrentía para distintas áreas urbanas.

<b>COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA.</b>					
<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>			<b>Para lluvias de duración</b>		
			<b>Corta</b>	<b>Larga</b>	
<b>SIN PAVIMENTAR</b>			0,10 a 0,30		
	Asfálticos		0,85 a 0,90	1,00	
	Mezclas bituminosas		0,90 a 1,00	1,00	
		Ordinario	0,50 a 0,70	0,95	
	Adoquinado	Rejuntado	0,80 a 0,85	0,95	
		Con juntas	Estancas	0,70 a 0,80	1,00
			Abiertas	0,60 a 0,70	1,00
<b>PAVIMENTOS</b>					
	Empedrado	Ordinario	0,15 a 0,30	0,80	
		De mosaíco	0,40 a 0,50	0,80	
	Macadam	Ordinario	0,25 a 0,50	0,80	
		Bituminoso	0,70 a 0,90	1,00	
	Hormigón		0,90 a 1,00	1,00	
	Ladrillo		0,70 a 0,95	1,00	
	Grava		0,20 a 0,30	0,60	
<b>CUBIERTAS</b>					
	Impermeables		0,70 a 0,95	1,00	
	Tejados y azoteas		0,90 a 1,00	1,00	
<b>SUPERFICIES IMPERMEABLES, INMUEBLES, VIARIOS Y PLAZAS PÚBLICAS</b>			0,90 a 1,00	1,00	

Cuadro A.7.5. : Coeficientes de escorrentía para diferentes superficies.

### 3.2. Método de cálculo del coeficiente de escorrentía según la Instrucción 5.2. I-C.

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria Pd correspondiente al período de retorno (Anejo 6: Climatología) y el umbral de escorrentía Po, a partir del cual se inicia ésta.

$$C = \frac{\text{Escorrentia}}{\text{Precipitacion}} = f \left[ \frac{Pd(t)}{Po} \right]$$

$$\text{Si } \frac{Pd}{Po} < 1 \implies C = 0$$

$$\text{Si } \frac{Pd}{Po} \geq 1 \implies C = \frac{\left[ \frac{Pd}{Po} - 1 \right] \left[ \left( \frac{Pd}{Po} \right) + 23 \right]}{\left[ \left( \frac{Pd}{Po} \right) + 11 \right]^2}$$



El umbral de escorrentía  $P_o$  se podrá obtener del Cuadro A.7.6., multiplicando los valores en el contenidos por el coeficiente corrector dado por la Figura A.7.3. Este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos, e incluye una mayoración (del orden del 100 por 100) para evitar sobrevaloraciones del caudal de referencia a causa de ciertas simplificaciones del tratamiento estadístico del método hidrometeorológico: el cual ha sido contrastado en distintos ambientes de la geografía española. Para el uso del Cuadro A.7.6. los suelos se clasificarán en los grupos del Cuadro A.7.7., en cuya definición interviene la textura definida por la Figura A.7.4.

Cuadro A.7.6.: **Estimación inicial del umbral de escorrentía  $P_o$  (mm).**



Figura A.7.3. : Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

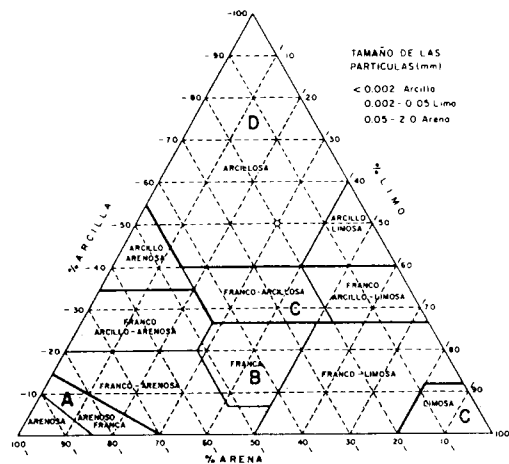


Figura A.7.4. : Diagrama triangular para la determinar la textura del suelo.

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-Arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcilloso Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Cuadro A.7.7. : Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía.

Los núcleos urbanos, edificaciones rurales, caminos, etc., no se tendrán en cuenta donde representen una proporción despreciable del área total. En su caso, deberán diferenciarse las proporciones de los distintos tipos de suelo, atribuyendo a cada una el valor correspondiente de Po. Deberán tenerse en cuenta las modificaciones futuras previsibles en la cuenca, tales como urbanizaciones, repoblaciones, cambios de cultivos, supresión de barbechos, etc.

Si no se requiriera gran precisión, podrá tomarse simplifiéadamente un valor conservador de Po (sin tener que multiplicarlo luego por el coeficiente de la Figura A.7.3.) igual a 20 mm, salvo en cuencas con rocas o suelos arcillosos muy someros, en las que se podrá tomar igual a 10 mm.

### 3.3. Mapa de cultivos y aprovechamientos.

A partir de la información contenida en la cartografía del Servicio de Técnica Fiscal del ayuntamiento de Zaragoza se ha elaborado el mapa de cultivos y aprovechamientos, en el cual se distinguen los siguientes usos, diferenciándose la edificación de alta y baja densidad en función del grado de impermeabilidad de la superficie:

- o MONTE BAJO (MB).
- o TERRENO DE CULTIVO (TC).
- o ERIAL (ER).
- o FRUTALES (FR).
- o EDIFICACIÓN DE BAJA DENSIDAD (EBD).
- o EDIFICACIÓN DE ALTA DENSIDAD (EAD).
- o RESTO.

#### 4. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Se supondrá que tanto el tiempo de escorrentía como el tiempo de recorrido, el tiempo total y el tiempo de concentración son independientes del instante considerado.

El tiempo de escorrentía,  $T_e$ , depende, en general, de la pendiente del suelo, de la distancia a recorrer, y de la naturaleza del terreno. Un orden de magnitud para el cálculo del tiempo de escorrentía en redes de saneamiento, varía de 2 a 20 minutos, siendo frecuente adoptar valores del orden de 5 minutos para zonas urbanas y de 5 a 10 minutos para zonas semiurbanas. Otros autores recomiendan, para zonas de elevada densidad de población con un elevado porcentaje de superficie impermeable, un tiempo de escorrentía de 5 minutos. Para zonas de pequeña pendiente con importante densidad de edificación se adoptarían tiempos entre 10 y 15 minutos, mientras que en zonas residenciales con pequeñas pendientes y en las que el espaciamiento entre los imbornales (entradas a la red de colectores) es superior, se adoptarán valores entre 20 y 30 minutos.

En la Figura A.7.5. se da el gráfico de obtención del tiempo de escorrentía en función de la pendiente, la distancia a recorrer y del coeficiente de escorrentía (gráfico propuesto por la Agencia Federal de Aviación de EEUU). También es interesante tener en cuenta los tiempos de escorrentía superficial máximos en función del período de retorno elegido (The Wallingford Procedure) que se muestran en el Cuadro A.7.10.

<b>TIEMPO DE ESCORRENTÍA, <math>T_e</math> (minutos)</b>		
Área ( $m^2$ )	< 200	> 400
Pendiente (%)	> 3,3	< 2,0
T = 5 años	3	6

**Cuadro A.7.10.** : Tiempos de escorrentía en función del período de retorno.

En la Figura A.10.6. se da un ábaco que permite calcular el tiempo de escorrentía según que el flujo de agua se efectúe sobre la superficie del terreno o por pequeños canales. El coeficiente n de dicho ábaco es un índice de rugosidad característico de la superficie sobre la que discurre el agua

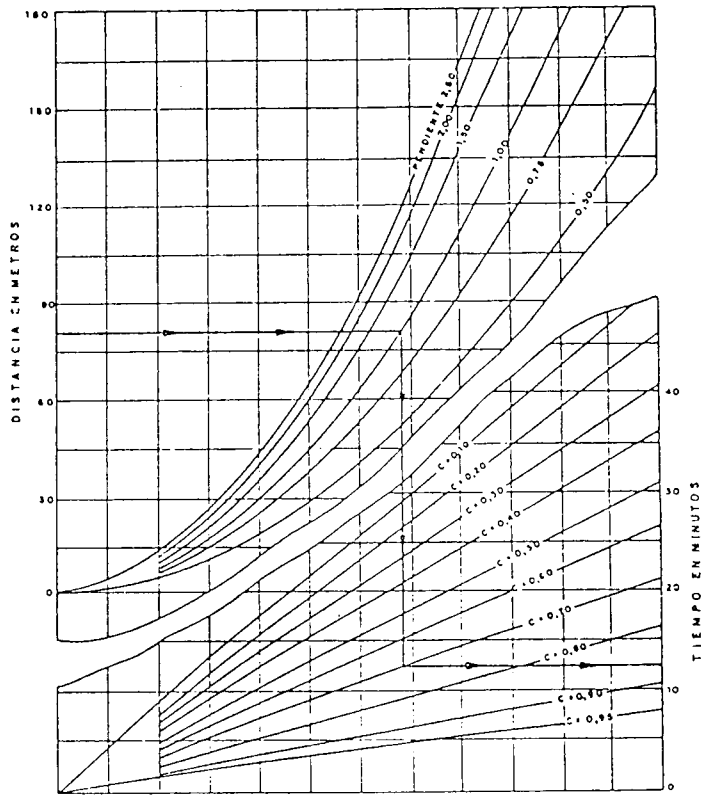


Figura A.7.5. : Ábaco para el cálculo del tiempo de escorrentía,  $T_e$ .

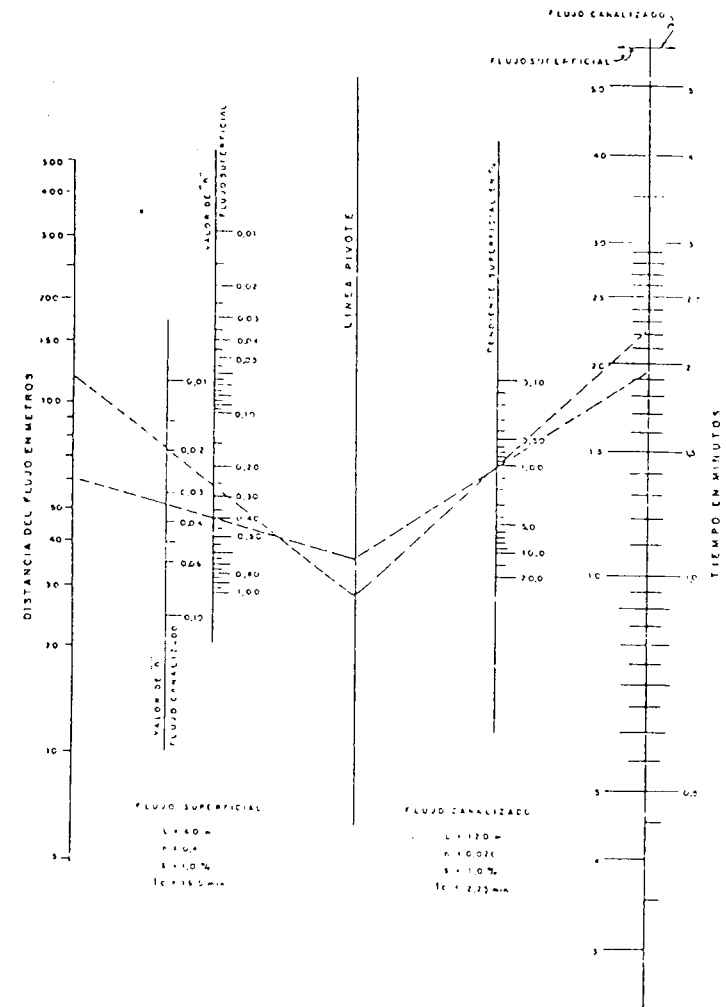


Figura A.7.6. : Ábaco para el cálculo del tiempo de escorrentía,  $T_e$ .

A falta de estudios más precisos puede calcularse  $T_e$  a través de la fórmula la Instrucción de Carreteras 5.2-IC

$$T_e = 0,3 \cdot \left[ \left( \frac{L}{J^4} \right)^{0,76} \right]$$

donde:

- ▣  $T_e$  es el tiempo de escorrentía en
- ▣  $L$  es la longitud del cauce principal en kilómetros.
- ▣  $J$  es la pendiente del cauce principal en tanto por uno.

En cuanto a los tiempos de recorrido,  $T_r$ , se estimará la velocidad de circulación del agua por la red, valor que posteriormente podrá ser recalculado a fin de afinar el cálculo.

Para calcular dentro de una cuenca vertiente el valor del tiempo de concentración ( $T_c = \text{máx} (T_e + T_r)$ ), es necesario conocer la extensión de la red de alcantarillado, y los puntos de entrada a la misma, para poder distinguir el "flujo de escorrentía" del "flujo de recorrido". Esta distinción es bastante incierta, debido al desconocimiento de la red de alcantarillado con suficiente detalle, tanto de las existentes, como de las proyectadas y futuras. Además, debido a la extensión de las subcuencas vertientes, puede ocurrir que la red de alcantarillado sólo cubra una parte de dicha superficie, por lo que, salvo que existan condiciones diferentes a las descritas, se adoptan las siguientes hipótesis para el cálculo del tiempo de concentración:

1.  $LT$  es la longitud total del cauce principal de cada cuenca.

2. En las cuencas donde no existe alcantarillado, el tiempo de concentración es igual al tiempo de escorrentía calculado según la fórmula de la Instrucción de Carreteras.

$$T_c(\text{en } h) = T_e = 0,3 \cdot \left[ \left( \frac{LT}{J^4} \right)^{0,76} \right]$$

con  $LT$  en kilómetros y  $J$  en tanto por uno.

3. En las cuencas donde existe alcantarillado, el tiempo de concentración es igual a la suma de:

- ▣ el tiempo de escorrentía según la fórmula de la Instrucción de Carreteras, tomando  $\frac{1}{3}$  de  $LT$  para la longitud del cauce principal (o la longitud máxima de escorrentía si se conoce).
- ▣ el tiempo de recorrido para el resto de la  $LT$  (o para la longitud máxima de recorrido), y una velocidad de recorrido,  $v_r$ , que se supondrá, para un primer tanteo, como se indica en el Cuadro A.7.11.

Pendiente media de la cuenca (%)	Velocidad de recorrido inicial (m/s)
Menor del 5 %	1 m/s
Del 5 a 10 %	1 - 2 m/s
Mayor del 10 %	2 m/s

**Cuadro A.7.11.** : Velocidades de recorrido de tanteo, en función de la pendiente media de la cuenca.

$$T_c (\text{en } h) = T_e + T_r = 0,3 \cdot \left[ \left( \frac{\frac{1}{3} LT}{J^{\frac{1}{4}}} \right)^{0,76} \right] + \frac{\frac{2}{3} LT}{3,6 \cdot v_r}$$

con LT en kilómetros, J en tanto por uno y  $v_r$  en metros por segundo.

El tiempo de concentración,  $T_c$ , se calcula para la sección de desagüe de cada una de las cuencas vertientes, siendo los resultados obtenidos los indicados en el Cuadro A.7.12.

No se adoptarán valores del tiempo de escorrentía inferiores a 5 minutos, ni tampoco del tiempo de concentración menores de 10 minutos.

## 5. CÁLCULO DE CAUDALES DE ESCORRENTÍA.

### 5.1. Generalidades.

La mayor parte del tiempo, las redes de alcantarillado sólo transportan aguas residuales o de infiltración, cuyos caudales son inferiores al producido por un suceso lluvioso. En el diseño de las soluciones de saneamiento, se busca evacuar, lo antes posible, las aguas pluviales de la red al medio natural, siendo preferible no incorporar a la red aquellas aguas pluviales que procedan del exterior de las áreas drenadas, procurando que sigan los cauces de sus desagües naturales.

### 5.2. Procedimiento de cálculo: Método Racional.

El caudal de aguas pluviales se obtiene mediante el Método Racional. Este método, que la literatura inglesa atribuye a Lloyd-George en 1.906, si bien los principios del mismo fueron establecidos por Mulvaney en 1.850, permite determinar el caudal máximo que discurrirá por una determinada sección de la red de alcantarillado, bajo el supuesto que éste acontecerá para una lluvia de intensidad media máxima constante correspondiente a una duración D igual al tiempo de concentración de la sección.

$$Q_{\text{máx}} = C A I(T_c)$$

en donde:

$Q_{\text{máx}}$  : Caudal máximo en la sección de cálculo (QP).

C : Coeficiente de escorrentía medio ponderado de la cuenca.

A : Área total de la cuenca vertiente en la sección de cálculo.

$I(T_c)$  : Intensidad media máxima para una duración igual al tiempo de concentración,  $T_c$ , de la sección de cálculo.

